مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال سیزدهم، شمارهٔ ۱، بهارو تابستان ۱۳۹٤ ، شمارهٔ پیاپی ۲٤

داده‌کاوی و تحلیل رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ با بهره‌گیری از الگوریتم C4.5 درخت تصمیم (مطالعهٔ موردی: شهر مشهد)

محمدرضا کهنسال (استاد اقتصاد تولید و مدیریت واحدهای کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)
kohansal@um.ac.ir
علی فیروز زارع (دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، نویسندهٔ مسؤول)
alifiroozzarea@gmail.com
محمّد مهدی برادران (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،ایران)
mahdi.baradaran@gmail.com

صص ۱۵۵-۱۳۳

چکیده

اهداف: هدف این پژوهش، ارایهٔ الگوریتم تصمیم‌سازی شهروندان در زمینهٔ همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ و شناسایی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رفتار شهروندان در این زمینه و ایجاد امکان اتخاذ سیاست‌های هدفمند به منظور ارتقای سطح مشارکت شهروندان با طرح تفکیک زباله از مبدأ و افزایش سطح کارایی هزینه‌ای سیاست‌های اتخاذشده است.

روش: این پژوهش با بهره‌گیری از دانش نوین داده‌کاوی و الگوریتمC4.5 تکنیک درخت تصمیم و استفاده از داده‌ها و اطّلاعات ۱٤۵ شهروند شهر مشهد که در سال ۱۳۹۰ با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده جمع‌آوری شده است، الگوریتم‌های تصمیم‌سازی شهروندان را در زمینهٔ همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ ارایه می‌کند.

یافته‌ها/ نتایج: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که متغیر رضایت از طرح تفکیک زباله از مبدأ، مهم‌ترین متغیری است که می‌تواند بر رفتار شهروندان در همکاری با این طرح مؤثر باشد. متغیرهای دیگری نیز در سطوح بعدی بر رفتار شهروندان مؤثرند که از آن جمله می‌توان به وضعیّت شغلی مادر خانواده، ارزیابی از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زبالهٔ تفکیک‌شده، آگاهی از مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی طرح تفکیک زباله از مبدأ و سطح تحصیلات اشاره کرد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/٦/۲۰ تاریخ تصویب:۱۳۹۳/۱۲/۲

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران این عرصه در اتخاذ سیاست‌های هدفمند به منظور بهبود وضعیّت توسعهٔ شهری و در نهایت ارتقای سطح رفاه شهروندان که مهم‌ترین هدف تمامی نهادهای متولی امور شهر است، کمک کند.

کلیدواژه‌ها: داده‌کاوی، درخت تصمیم، الگوریتم C4.5 ، تفکیک زباله از مبدأ، شهر مشهد.

۱. مقدّمه

امروزه زباله‌های شهری یکی از مهم‌ترین مسایل زیست‌محیطی شهر محسوب می‌شوند. تجربه نشان داده است که غلبه بر این مشکل با رویکرد سنّتی غیرممکن است و تنها راه مقابله با این مشکل، بهره‌گیری از شیوهٔ مدیریت علمی و منطقی است. نگاهی به آمار اقتصادی برخی کشورها نشان می‌دهد که ارزش زباله در جریان تولید اقتصادی برخی کشورها به قدری زیاد است که کارشناسان و مسؤولان اقتصادی برخی از این کشورها را به فکر واردات زباله به عنوان مادهٔ خام انداخته است؛ بنابراین می‌توان گفت مدیریت مبتنی بر اصول علمی زباله‌ها علاوه بر آن‌که می‌تواند وضعیّت زیست‌محیطی شهر را بهبود بخشد، در رونق بخشیدن به اقتصاد شهری از طریق درآمدزایی، ایجاد اشتغال و بهبود وضعیّت توسعهٔ پایدار نیز مؤثر است.

شهر مشهد با جمعیّت حدود ۲/٤ میلیون نفر و با حضور بیش از ۱۵ میلیون نفر زایر در سال به عنوان دومین کلان شهر کشور و پایتخت معنوی ایران است (سال‌نامهٔ آماری استان خراسان رضوی، ۱۳۸٦). براساس آمار سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، میزان پسماند تولی شدهٔ خانوارها (خشک و تر) در سال ۱۳۸٦، حدود ۵۸٦٤۱۷ تن است که این مقدار در سال ۱۳۸۷، به حدود ٦۰۳۸٦۳ تن رسیده است (پایگاه اطّلاع‌رسانی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، ۱۳۸۹). سرانهٔ تولید پسماند به ازاء هر خانوار در این شهر، حدود ۷۰٦ کیلوگرم در سال ۱۳۸٦ است که این مقدار در سال ۱۳۸۷، به حدود ۷۱٦ کیلوگرم رسیده و تولید پسماند حدود ۱۰ کیلوگرم به ازاء هر خانوار افزایش یافته است (سیمای شهر مشهد، ۱۳۸۸). براساس نتایج (جدول ۱)، بیشترین میزان تولید پسماند در مشهد در ماه‌های مرداد، شهریور و اسفند و کمترین آن نیز مربوط به ماه های دی و بهمن است.

جدول ١- میزان پسماند تولیدشده در مشهد در ماه‌های مختلف (تن)

مأخذ: پایگاه اطّلاع‌رسانی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، ١٣٨٩

ماه	سال ١٣٨٦	سال ١٣٨٧	ماه	سال ١٣٨٦	سال ١٣٨٧
فروردین	٤٨٨٨٦	٤٩١٢٣	مهر	٥١٠٣٩	٤٩٥٤٣
اردیبهشت	٤٧٨٢٤	٥١٤٨٥	آبان	٥١٠١٩	٤٦٥٥٧
خرداد	٤٨٢٩٨	٥٠٢٧٦	آذر	٤٥٩٤٤	٤٧٠٢٠
تیر	٥٠٩٢٩	٥٣٣٤٥	دی	٣٥٦٦٠	٤٤٤٦٦
مرداد	٥٥٤٠١	٥٦٩٨٤	بهمن	٤٠١٦٣	٤٥٩٥٧
شهریور	٥٧٣٩٦	٥٤٥٨١	اسفند	٥٣٨٥٨	٥٤٥٢٦
			جمع کل	٥٨٦٤١٧	٦٠٣٨٦٣

براساس آمار و اطّلاعات موجود که در (جدول ٢) ارایه شده، بیشترین سرانۀ پسماند تولیدی در مناطق مختلف، مربوط به منطقۀ ثامن است که حدود ٦٤٢/٥ تن به ازاء ١٠٠٠ نفر در سال ١٣٨٧ است و بعد از آن، منطقۀ یک (٢٣٣ تن به ازاء ١٠٠٠ نفر) و منطقۀ شش (٢١٩/٩ تن به ازاء ١٠٠٠ نفر) است. کمترین سرانۀ پسماند تولیدی نیز مربوط به منطقۀ دوازده (١١٤/٩ تن به ازاء ١٠٠٠ نفر) است. به نظر می‌رسد که حضور زایرین در منطقۀ ثامن تأثیر به‌سزایی بر میزان سرانۀ پسماند تولیدی داشته که مقدار آن با اختلاف زیادی نسبت به سایر مناطق قرار دارد. همچنین، نتایج جدول مذکور در خصوص میزان کلّ پسماند تولیدی در مناطق مختلف (با توجّه به جمعیّت هر منطقه و سرانۀ پسماند تولیدی) حاکی از آن است که بیشترین پسماند تولیدی در مشهد در مناطق دو و سه به ترتیب با ١٥/٨٧درصد و ١٠/٠٩ درصد و کمترین نیز مربوط به مناطق دوازده و پنج با ٠/٥٤ و ٤/٦٥ درصد است.

جدول٢- میزان پسماند تولیدشده بر حسب مناطق ١٣٨٧

مأخذ: سیمای شهر مشهد، ١٣٨٨

منطقه	سرانه به ازاء ١٠٠٠ نفر (تن)	درصد از کلّ پسماند تولید شده	منطقه	سرانه به ازاء ١٠٠٠ نفر (تن)	درصد از کلّ پسماند تولید شده
منطقۀ یک	٢٣٣/١	٩/١٩	منطقۀ هشت	٢٦٤/١	٦/٢٣
منطقۀ دو	١٨٢/٥	١٥/٨٧	منطقۀ نه	١٥٨/٥	٩/١٧
منطقۀ سه	١٤٩	١٠/٠٩	منطقۀ ده	١٥٣/٤	٧/٥٦
منطقۀ چهار	١٤١/١	٧/٨٤	منطقۀ یازده	١٥٤/١	٦/٠٢
منطقۀ پنج	١٣٦	٤/٦٥	منطقۀ دوازده	١١٤/٩	٠/٥٤
منطقۀ شش	٢١٩/٩	٩/٨٦	منطقۀ ثامن	٦٤٢/٥	٤/٧٥
منطقۀ هفت	١٨٦/٣	٨/٢٢	مشهد	١٧٩/٩	١٠٠

در دو دههٔ اخیر، سازمان‌های بازیافت و تبدیل مواد شهرداری‌ها اقدام به اجرای طرح‌هایی کرده‌اند که باعث افزایش مشارکت خانوارها در تفکیک و جداکردن پسماندهای با ارزش و قابل بازیافت نسبت به سایر پسماندها شده است. بررسی وضعیّت فعلی طرح‌های تفکیک از مبدأ پسماند خشک در شهر مشهد حاکی از آن است که در حال حاضر، در مشهد حدود شش طرح اصلی با عنوان ایستگاه‌های ثابت، جمع آوری از درب منازل، جمع‌آوری پسماند خشک از ادارات، جمع‌آوری پسماند خشک از مدارس (پاک‌یاران مدارس)، مراکز تحویل کاغذ با بن کتاب و صندوق‌های بازیافت اجرا می شود.

واضح است که موفّقیّت یا عدم موفّقیّت چنین طرح‌هایی بیش از همه وابسته به میزان استقبال شهروندان و مشارکت آن‌ها در این طرح‌ها است؛ بنابراین با در نظر گرفتن اهمیّت این موضوع از ابعاد مختلف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی و به عبارت دیگر جایگاه ویژهٔ آن در مباحث توسعهٔ شهری، لازم است الگوریتم‌های رفتاری شهروندان به لحاظ میزان همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ شناسایی شود تا از این طریق ضمن تأثیرگذاری بر متغیرهای مؤثر بر رفتار شهروندان، با بهره‌گیری از سیاست‌های خرد و کلان و مبتنی بر اهداف مدیریت شهری، بیشترین منفعت اقتصادی با کمترین میزان هزینهٔ ممکن حاصل شود و در عین حال به کاهش مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از بی‌توجّهی به این مسأله، منجر شود. لذا پژوهش حاضر تلاش دارد با بهره‌گیری از دانش داده‌کاوی و الگوریتم C4.5 درخت تصمیم، الگوریتم تصمیم‌سازی شهروندان را در زمینهٔ همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ ارایه کرده و از این طریق نسبت به شناسایی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رفتار شهروندان در این زمینه و ایجاد امکان اتخاذ سیاست‌های هدفمند به منظور ارتقای سطح مشارکت شهروندان با طرح تفکیک زباله از مبدأ و افزایش سطح کارایی هزینه‌ای سیاست‌های اتخاذشده اقدام کند؛ بنابراین اهداف این پژوهش، شناسایی الگوریتم تصمیم‌سازی شهروندان در زمینهٔ همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ و همچنین شناسایی مهم‌ترین متغیرهای اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر رفتار شهروندان در این زمینه است.

۲. پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌های مختلفی در زمینهٔ تفکیک زباله از مبدأ انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعهٔ کاظمی‌خیبری (۱۳۸٦) در زمینهٔ تفکیک زباله از مبدأ و مکانیزاسیون سیستم‌های جمع‌آوری مواد قابل بازیافت با نگرشی مدیریتی و اجرایی پسماندها اشاره کرد.

مطالعهٔ وی نشان داد که در شهر مشهد به طور میانگین حدود ۱٦۰۰ تن زباله در روز تولید می‌شود که نیاز به توجّه خاص و مشارکت شهروندان و اتخاذ راهکارهای مناسب مدیریتی دارد. به دلیل نوپایی سیستم مدیریت پسماند در ایران و نبود سیستم مدیریتی مدوّن و کلاسیک در این خصوص، این مطالعه پیشنهاد بهره‌گیری از تجربیات سایر کشورها و طرح‌های موفّق آن‌ها که متناسب با شرایط ایران است را ارایه کرده است. این مطالعه همچنین، پیشنهاد کرده که در کنار مشارکت مردم، مدیران باید با برنامه‌ریزی در خصوص اصلاح ساختار مدیریتی و مشارکت بخش خصوصی و ایجاد بازار مناسب برای طرح‌های خروجی اقدامات مؤثری را انجام دهند (کاظمی‌خیبری، ۱۳۸٦، ص. ۳۰).

پاپلی‌یزدی و وثوقی (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای با عنوان ساماندهی صنایع بازیافت مواد زاید جامد در شهر مشهد، به لزوم ایجاد شهرک بازیافت تأکید ویژه‌ای کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که بازیافت زباله، فعالیّتی اشتغال‌زا و سودآور بوده که در راستای کاهش هزینه‌های شهرداری، حفظ محیط‌زیست و بهداشت عمومی مؤثر است. در این مطالعه تأکید شده که باید پیش از راه‌اندازی صنایع بازیافت، طرح‌های تفکیک از مبدأ در شهر مشهد تقویت شود (پاپلی‌یزدی و وثوقی، ۱۳۸۳، ص.۱٤۷).

یویان (۲۰۰٦) در مطالعه‌ای در هنگ‌کنگ، کاهش ضایعات، استفادهٔ مجدد و بازیافت را به عنوان تنها روش‌های موجود برای بهبود وضعیّت زباله‌های تولیدشده در این شهر مورد توجّه قرار داد. وی در نهایت پیشنهاد ارایهٔ طرح افزایش هزینهٔ دفع زباله‌ها، استقرار مرکزی برای جمع‌آوری مواد بازیافتی، اجرای روش‌های برتر نوآوری در زمینهٔ بازیافت و حمایت دولت از طرح‌های بازیافت را برای کمک به این امر ارایه کردد (یویان، ۲۰۰٦، ص. ۱٦٤۹).

در مطالعهٔ سرور (۱۳۹۱) تحت عنوان ارزیابی تأثیر اجتماعی پروژهٔ تفکیک زباله از مبدأ در مناطق شهری، موفّقیّت این پروژه تابعی از باور مردم نسبت به مفیدبودن طرح، اعتماد به مسؤولان اجرایی و شناخت اثرات مثبت آن عنوان شده است. براساس نتایج بررسی، مهم‌ترین مانع در اجرای طرح بازیافت، عدم همکاری مردم با این طرح است. میانگین پایین تحصیلات، مهاجرت و ناهمگونی اجتماعی، فقر اطّلاعات و آگاهی و اولویت امکانات و خدمات شهری

دیگر بر بازیافت، از جمله مهم‌ترین دلایل عدم همکاری شهروندان معرّفی شده‌اند (سرور، ۱۳۹۱، ص. ٤۹).

در پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط آیوستین، هتفیلد، گریندل و بیلی[۱] (۱۹۹۳)، تاگرسن[۲] (۱۹۹٤) و نیاموانگ[۳] (۱۹۹٦) نیز بر آگاه‌کردن افراد از منافع بازیافت و چگونگی اجرای آن (مانند معرّفی مکان‌های جمع‌آوری و مواد قابل قبول) به عنوان عواملی مهم در تشویق افراد برای مشارکت تأکید شده است (آیوستین، گریندل و بیلی، ۱۹۹۳، ص.۳۵۵؛ تاگرسن، ۱۹۹٤، ص. ۱٤۵؛ نیاموانگ، ۱۹۹٦، ص. ۱۹). مطالعات انجام‌شده توسّط اسکات (۱۹۹۹)[٤]، گامبا و اسکامپ[٥] (۱۹۹٤) و مارگای[٦] (۱۹۹۷) متغیر سن را عامل مثبت تأثیرگذار بر مشارکت در بازیافت و والی، ریس، مننزس و ربلو[۷] (۲۰۰٤) و ورنر و ماکلا[۸] (۱۹۹۸) آن را بدون تأثیر معرّفی کرده‌اند (اسکات، ۱۹۹۹، ص. ۲٦۷؛ گامبا و اسکامپ، ۱۹۹٤، ص. ٥۸۷؛ مارگای، ۱۹۹۷، ص. ۷٦۹؛ والی، ریز، منتزز و ربلو، ۲۰۰٤، ص. ٥۰٥؛ ورنر و ماکلا، ۱۹۹۸، ص. ۳۷۳). نتایج مطالعۀ لانسانا[۹] (۱۹۹۲) و اوونز، دیکرسون و مکینتاش[۱۰] (۲۰۰۰) نیز بیانگر ارتباط مثبت بین آموزش و مشارکت در بازیافت است (لانسانا، ۱۹۹۲، ص. ۱٦؛ اوونز، دیکرسون و مکینتاش، ۲۰۰۰، ص. ٦۳۷).

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳. ۱. داده‌کاوی

دانش نوین داده‌کاوی، یکی از ده دانش درحال‌توسعه‌ای است که دهۀ آینده را با انقلاب تکنولوژیک مواجه خواهد ساخت و از این رو در سال‌های اخیر گسترش بسیار سریعی

---

1. Austin, Hatfield, Grindle, and Bailey
2. Togersen
3. Nyamwange
4. Scott
5. Gamba, Scamp
6. Magai
7. Valle, Reis, Menezes, and Rebelo
8. Vernar and Makla
9. Lansana
10. Owens, Dickerson and Macintosh

یافته‌است (دانیل و لاروس[1]، ۲۰۰۵، ص. ۱۹٤). پژوهش‌های جدی بر روی داده‌کاوی از اوایل دههٔ ۹۰ میلادی آغاز شده و پس از آن مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است (هَند[2]، ۱۹۹۸، ص. ۱۱۳). داده‌کاوی فرآیند کشف روابط ناشناخته و الگوی درون‌داده است. در واقع در این شیوه فرآیند جستجوی خبره و ماهری به‌منظور شناسایی الگوهای معتبر، جدید، بالقوّه، مفید و قابل‌فهم در داده‌ها صورت می‌گیرد (ماربان و مناسالواس[3]، ۲۰۰۸، ص. ۳۰۹۱). اصلی‌ترین دلیلی که سبب شده است داده‌کاوی در کانون توجّهات قرار گیرد، مسألهٔ در دسترس بودن حجم وسیعی از داده‌ها و نیاز شدید به تحلیل این داده‌ها و استخراج دانش سودمند از آن‌ها است. دو هدف اصلی داده‌کاوی، پیش‌بینی و توصیف است که در هر کدام، هدف ایجاد الگویی به منظور شناسایی و یا پیش‌بینی خروجی‌ها است (کویزاک و اسمیت[4]، ۲۰۰۷، ص. ۱۵۰). در الگوریتم‌های توصیفی، بر یافتن الگوهای توصیفی داده‌ها که می‌توانند به وسیلهٔ انسان تعبیر شوند، تمرکز می‌شود (کانتاردزیک[5]، ۲۰۰۳، ص. ۷٤).

از داده‌کاوی می‌توان برای انجام اموری مانند طبقه‌بندی، پیش‌بینی، تخمین و خوشه‌بندی داده‌ها استفاده کرد. برای انجام این امور، تکنیک‌های مختلفی توسعه یافته است. برخی از شناخته‌شده‌ترین این تکنیک‌ها، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، نزدیک‌ترین همسایگی و درخت تصمیم است که در این پژوهش از تکنیک درخت تصمیم استفاده شده است.

۳. ۲. درخت تصمیم

درخت‌های تصمیم[6] یکی از متداول‌ترین، قوی‌ترین و شهودی‌ترین ابزارهای طبقه‌بندی هستند. الگویی که توسّط یک درخت تصمیم ایجاد می‌شود، می‌تواند به تعدادی قانون "اگر–آنگاه" تبدیل شود و روابط میان ویژگی‌های خروجی و ویژگی‌های ورودی در آن نمایان می‌شود. بر خلاف درخت تصمیم که به تولید قانون می‌پردازد، در شبکهٔ عصبی مصنوعی، تنها

1. Daniel & Larose
2. Hand
3. Marban and Menasalvas
4. Kusiak & Smith
5. Kantardzic
6. Decision Trees

پیش‌بینی نهایی بیان می‌شود و چگونگی آن در خود شبکه پنهان می‌ماند (کورپوریشن[1]، ۱۹۹۹، ص. ۲۵). علّت نام‌گذاری این روش به عنوان درخت تصمیم این است که این درخت فرآیند تصمیم‌گیری برای تعیین طبقهٔ جواب یک داده ورودی را نشان می‌دهد. این روش جزء مشهورترین الگوریتم‌های یادگیری استقرائی است که به صورت موفّقیّت‌آمیزی در کاربردهای مختلف به کار گرفته شده است. مزایای استفاده از درخت تصمیم نسبت به سایر تکنیک‌های داده‌کاوی شامل موارد ذیل است:

- دقّت درخت تصمیم نسبت به سایر الگوهای داده‌کاوی بیشتر است.
- برای انواع مختلف داده‌ها اعم از طبقه‌ای و پیوسته قابل کاربرد است.
- نسبت به سایر الگوهای طبقه‌بندی سریع‌تر محاسبه می‌شود.
- قانون‌های به‌دست آمده در آن راحت‌تر درک می‌شود.

این درخت دارای دو نوع گره است. گره‌های داخلی و گره‌های برگ. هر گره داخلی یا غیربرگ با یک ویژگی مشخص می‌شود به طوری‌که، این ویژگی سؤالی را در رابطه با مثال ورودی مطرح کرده و به تعداد جواب‌های ممکن با این سؤال، شاخه به وجود خواهد آمد که هر یک با مقدار آن جواب مشخص می‌شوند. گره‌های برگ این درخت نیز با یک کلاس و یا یک دسته از جواب‌ها مشخص می‌شوند.

از آن‌جایی که می‌توان درخت را به صورت قوانین اگر- آنگاه نمایش داد، قابلیت فهم و وضوح بالایی برای استفاده دارد و در مواردی که داده‌های آموزشی فاقد همه ویژگی‌ها باشند نیز قابل استفاده است.

الگوریتم‌های CART، ID3، CHAID، C4.5 وC5 برخی از الگوریتم‌های معمول درخت تصمیم هستند. الگوریتم C4.5 الگوریتم تعمیم‌یافتهٔ ID3 است که توسّط کویلان برای ایجاد درخت تصمیم، ارایه شده است (کویلان[2]، ۱۹۹٦، ص. ۸۱). مانند الگوریتم CART، الگوریتم

1. Corporation
2. Quinlan

C4.5 هر گره را به صورت بازگشتی[1] مدّنظر قرار داده و بخش بهینه را انتخاب می‌کند، این روند تا زمانی‌که بخش بهینه‌ای وجود نداشته باشد، ادامه می‌یابد، امّا برخلاف الگوریتم CART، الگوریتم C4.5، محدود به بخش‌های دوتایی نیست. لازم به ذکر است که تمامی این روش‌ها برای دسته‌بندی، ساختار تقریباً مشابهی دارند و هدف تمام آن‌ها به دست آوردن درختی با کیفیت بالا و نرخ خطای کم برای دسته‌بندی داده‌ها است و بیشتر تفاوت آن‌ها در شیوهٔ شاخه‌زدن و برش شاخه‌ها است (هان و کامبر[2]، ۲۰۰۶، ص. ۶۰۲)

فرآیند شکل‌گیری درخت تصمیم و انتخاب ویژگی در ذیل توضیح داده شده است:

مجموعه‌ای از ویژگی‌های موجود در دسترس ورودی‌های الگوریتم هستند و خروجی درخت تصمیم است.

درخت تصمیم دارای گره‌های برگی است که نشان‌دهندهٔ برچسب (علامت) کلاس و سایر گره‌ها مربوط به کلاس‌های طبقه‌بندی شده است.

شاخه‌های درخت نشان‌دهندهٔ ارزش ممکن گره ویژگی‌ای است که از آن مشتق شده است.

درخت تصمیم می‌تواند به منظور طبقه‌بندی بردارهای ویژگی مورد استفاده قرار گیرد، به این صورت که این طبقه‌بندی از ریشهٔ درخت شروع می‌شود و به سمت یک گره برگی که ارایه‌دهندهٔ طبقهٔ هر یک از مشاهدات است، ادامه می‌یابد.

در هر گره تصمیم، می‌توان مناسب‌ترین ویژگی را با استفاده از معیارهای برازش مناسب، انتخاب کرد. معیار استفاده‌شده برای تعیین بهترین ویژگی، معیار بهرهٔ اطّلاعات است (سوگوماران و راماچاندران[3]، ۲۰۰۷، ص. ۲۲۳۹)

برای طبقه‌بندی یک دادهٔ آموزشی در درخت، از ریشه شروع کرده، ویژگی معین‌شده توسّط گره‌ها بررسی شده و سپس براساس ارزش ویژگی در مثال داده شده در طول شاخه‌ها حرکت رو به پایین انجام می‌شود. این فرآیند برای تمام گره‌های زیردرختان گره جدید تکرار می‌شود.

1. Recursive
2. Han & Kamber
3. Sugumaran & Ramachandran

اغلب الگوریتم‌های یادگیری درخت تصمیم بر پایهٔ یک عمل جستجوی حریصانهٔ بالا به پایین در فضای درخت‌های موجود عمل می‌کنند. این الگوریتم پایه، نظام یادگیری مفهوم (CLS)[1] نامیده می‌شود که در سال ۱۹۵۰ معرّفی شده است. این الگوریتم توسّط راس کویلان[2] در سال ۱۹۸٦ به‌صورت کامل‌تری تحت عنوان درخت‌های تصمیم استنتاجی[3] (ID3) مطرح شده است. بعدها الگوریتم کامل‌تر دیگری تحت عنوان C4.5 ارایه شد که برخی نقایص ID3 را برطرف می‌کند. ایدهٔ اصلی این الگوریتم این است که درختان کوچکتر را به درختان بزرگتر ترجیح می‌دهد، زیرا کوچکترین درخت تصمیمی که با داده سازگار باشد، انتظار می‌رود که داده‌های نادیده را به درستی طبقه‌بندی کند.

برای ساختن درخت تصمیم از داده‌هایی استفاده می‌شود که علامت‌گذاری[4] شده باشند. در واقع ورودی نظام یادگیری مجموعه‌ای از داده‌ها هستند که هر داده توسّط مجموعه‌ای از ویژگی‌ها بیان شده است. هر ویژگی می‌تواند دارای مجموعهٔ متناهی از مقادیر مختلف باشد. برای هر دادهٔ آموزشی، علاوه بر ویژگی‌ها، مقدار طبقه‌بندی آن نیز لازم است.

در الگوریتم ID3، درخت تصمیم از بالا به پایین ساخته می‌شود. برای تعیین ویژگی که باید در ریشهٔ درخت مورد آموزش و شاخه‌های پایینی آن قرار گیرد، از معیاری به نام بهرهٔ اطّلاعات[5] استفاده می‌شود تا مشخّص شود هر کدام از ویژگی‌ها تا چه حد قادر هستند داده‌های آموزشی را بر حسب طبقهٔ آن‌ها جدا کنند. پس از انتخاب ویژگی که باید در ریشهٔ درخت قرار گیرد، برای هر یک از مقادیر ممکن آن یک شاخه ایجاد شده و داده‌های آموزشی براساس ویژگی هر شاخه مرتب می‌شوند. سپس عملیات فوق برای داده‌های هر شاخه تکرار می‌شود تا بهترین ویژگی برای گره بعدی انتخاب شود.

بهرهٔ اطّلاعات یک ویژگی، عبارت است از مقدار کاهش آنتروپی که به واسطهٔ جداسازی داده‌ها از طریق این ویژگی حاصل می‌شود. به‌عبارت دیگر، بهرهٔ اطّلاعات Gain(S,A) برای

1. Concept Learning System
2. Ross Quilan
3. Inducing Decision trees (ID3)
4. Label
5. Information Gain

یک ویژگی نظیر A نسبت به مجموعه داده‌های S، با استفاده از (فرمول ۱) به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$Gain(S, A) \equiv Entropy(S) - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \quad (۱)$$

که در آن Values(A) مجموعهٔ همهٔ مقدار ویژگی‌های A بوده و SV زیرمجموعـه‌ای از S است که برای آن A دارای مقدار V است. در تعریف فوق عبارت اوّل مقدار آنتروپی داده‌ها و عبارت دوم مقدار آنتروپی مورد انتظار بعد از جداسازی داده‌هـا اسـت. آنتروپـی نیـز میـزان خلوص یا بی‌نظمی مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی را مشخص می‌کند. اگر مجموعهٔ S شـامل داده‌های مثبت و منفی از یک مفهوم هدف باشد، آنتروپی S، نسبت به این دسته‌بندی بـولی بـه صـورت ذیـل تعریـف مـی‌شـود (سـوگوماران، سـاباریش و راماچانـدران[1]، ۲۰۰۸، ص. ۳۰۹۲):

$$Entropy(S) \equiv -p_{\oplus}\log_۲ p_{\oplus} - p_{\ominus}\log_۲ p_{\ominus} \quad (۲)$$

$p\oplus$ نسبت داده‌های مثبت به کلّ داده‌ها و $p\ominus$ نسبت داده‌های منفی به کلّ داده‌ها است. همچنین 0=0 log0 فرض می‌شود، اگر ویژگی هدف دارایC مقدار مختلف باشد، آنتروپی S نسبت به این دسته بندی Cگانه به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$Entropy(S) \equiv \sum_{i=1}^{C} - p_i \log_2 p_i \quad (۳)$$

که در آن pi نسبتی از S است که به دسته i تعلق دارند. توجّه شود که log همچنان در مبنای ۲ گرفته می‌شود. در این حالت، حداکثر آنتروپی می‌تواند log2C باشد (سوگوماران، ساباریش و راماچاندران ، ۲۰۰۸، ص. ۳۰۹۲).

در این پژوهش از الگوریتم J48 (معادل الگوریتم C4.5 در نرم‌افزار WEKA) به منظور یادگیری درخت تصمیم استفاده شده است.

---

1. Sugumaran, Sabareesh and Ramachandran

عملکرد یک درخت تصمیم با استفاده از شاخص‌های ذیل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد(گیتا، آیشوارا و کاماراج[1]، ۲۰۱۰، ص. ۲٥٤۸)

نرخ صحیح مثبت (TPR)[2]

نرخ اشتباه مثبت (FPR)[3]

دقّت (P)[4]

یادآوری (R)[5]

مقدار F

معیار TPR، که به آن میزان ضربهٔ شش نیز گفته می‌شود، بیانگر نسبت شهروندانی است که در هر گروه به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و به شکل ذیل محاسبه می‌شود:

$$\text{TP Rate} \approx \frac{\text{Number of customers correctly classified}}{\text{Total number of customers}} \qquad (٤)$$

معیار FPR نشان‌دهندهٔ نسبت شهروندانی است که با استفاده از درخت تصمیم به درستی طبقه‌بندی نشده‌اند و نحوهٔ محاسبه آن به صورت ذیل است:

$$\text{FP Rate} \approx \frac{\text{Number of customers incorrectly classified}}{\text{Total number of customers}} \qquad (٥)$$

معیار دقّت و یادآوری نیز به صورت ذیل محاسبه می‌شوند:

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP rate}}{\text{TP rate} + \text{FP rate}} \qquad (٦)$$
$$\text{Recall} = \text{TP rate}$$

معیاری که معیارهای FPR و TPR را ترکیب می‌کند، میانگین هارمونیک موزون دقّت و یادآوری است و به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

1. Geetha, Ishwarya and Kamaraj
2. TP (True Positive) rate
3. FP (False Positive) rate
4. Precision
5. Recall

$$F\text{-Measure} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (۷)$$

آمارهٔ کاپا نیز به منظور محاسبه دقّت طبقه در مقایسه با دقّت کل مورد استفاده قرار می‌گیرد (کانگالتون، ۱۹۹۱). و براساس مؤلفه‌های ماتریس خطا به صورت ذیل محاسبه می‌شود (فیتزجرالد و لیز[1]، ۱۹۹٤، ص. ۳٦٥). اگر ماتریس خطا به صورت ذیل باشد:

(۸)

$$\begin{matrix} p_{1,1} & \cdots & p_{1,j} & p_{1,o} \\ \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ p_{i,1} & \cdots & p_{i,j} & p_{i,o} \\ p_{o,1} & \cdots & p_{o,j} & N \end{matrix}$$

$p_o = \sum_{i=1,N} p_{ii}$ نسبت توافق عمومی و $p_c = \sum_{i=1,N} p_{io} p_{oi}$ نسبت شانس مورد انتظار توافق است که برای محاسبهٔ شاخص کاپا به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$\hat{K} = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \quad (۹)$$

درخت تصمیمی مناسب‌تر است که ارزش این شاخص‌ها در آن بیشتر باشد(فیتزجرالد و لیز، ۱۹۹٤).

۳.۳. داده‌ها

در مطالعهٔ حاضر به منظور شناسایی عوامل اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر رفتار شهروندان مشهدی در تفکیک زباله از مبدأ در سال ۱۳۹۰، پرسش‌نامه به عنوان ابزار گردآوری اطّلاعات مورد استفاده قرار گرفت. برای طراحی پرسش‌نامه ابتدا با بررسی پیشینهٔ پژوهش‌های انجام شده برخی از عوامل مؤثر بر رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ تعیین شدند، سپس با برگزاری جلساتی با کارشناسان مرتبط با موضوع مورد بحث ـ به منظور استفاده از دیدگاه کارشناسی ـ نسبت به اصلاح پرسش‌نامه طراحی‌شده اقدام شد تا از این طریق سعی شود تا حدّ امکان اکثر متغیرهای مهم اقتصادی— اجتماعی تعیین‌کنندهٔ رفتار شهروندان در تدوین پرسش‌نامه لحاظ شوند و در عین حال نسبت به تضمین روایی پرسش‌نامه طراحی‌شده نیز اقدام شود.

1. fitzgerald and Less

به منظور تعیین تعداد نمونه و انجام آزمون‌های لازم به منظور اطمینان از اعتبار و قابلیت اعتماد آن یک پیش‌مطالعه[1] انجام شد. در راستای اطمینان از اعتبار پرسش‌نامه، در این مرحله اقدام به انجام مصاحبه با کارشناسان و فعّالان این حوزه شد و همچنین اصلاحاتی پس از مرحلهٔ پیش‌مطالعه در برخی سؤالات پرسش‌نامه انجام شد. در این راستا برای پیش‌مطالعه، سی پرسش‌نامه تکمیل شد. نتایج بررسی این ۳۰ نمونه نشان داد که احتمال عدم مشارکت شهروندان در این نمونه برابر ۰/۳۸ است. بر این اساس، با استفاده از (فرمول۱۰) که تعداد نمونه با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده را تعیین می‌کند، حجم نمونه، معادل ۱۴۲ تعیین شد.

$$n = \frac{Z^2 \delta_i^{\,2}}{d^2} \qquad (10)$$

که در آن Z، مقدار متغیر نرمال واحد متناظر با سطح اطمینان $1-\alpha$ (در این مطالعه سطح اطمینان ۹۵ درصد مدّنظر قرار گرفته است)، d، مقدار اشتباه مجاز (در این مطالعه معادل هشت درصد در نظر گرفته شد)، $\delta_i^{\,2}$، واریانس صفت مورد مطالعه است.

٤. مبانی نظری

از آن‌جایی که هدف اصلی تحقیق، ریشه‌یابی و شناسایی علّت‌ها و فرآیندهای رفتار شهروندان در تفکیک زباله است، دلایل مشارکت شهروندان در تفکیک زباله را در چهارچوب نظریات مختلفی می‌توان تبیین کرد، ولی با عنایت به این مسأله که این پژوهش اجتماعی– اقتصادی است، نظریه‌ای انتخاب شد که بین‌رشته‌ای باشد و ظرفیّت تبیین علل فردی و سازمانی را داشته باشد. تأمل در نظریات اجتماعی– اقتصادی نشان داد که نظریهٔ انتخاب عاقلانه می‌تواند تبیین‌کنندهٔ مناسبی برای موضوع مورد بررسی باشد.

٤. ١. نظریهٔ انتخاب عقلانی

نظریهٔ انتخاب عقلانی (که اختیار عاقلانه و گزینش معقولانه نیز نامیده شده است) در دیدگاه صاحب‌نظران اقتصاد کلاسیک و نئوکلاسیک است. اقتصاددانان کلاسیک انسان‌ها را به عنوان جستجوگران منطقی که به دنبال حداکثر کردن سود خویش هستند، می‌شناسند. (قدیری اصلی، ۱۳۷٦،ص. ٤٠٥).

1. Pilot study

در نظریهٔ اختیار عاقلانه، پدیده‌های اجتماعی حاصل افعال و کنش‌های افراد جامعه است. انسان‌ها بر خلاف دیگر مخلوقات با علم و قصد اقدام به عمل می‌کنند و اعمال آن‌ها با دلیل و سنجش عاقلانه همراه است. بسیاری از پدیده‌های اجتماعی را می‌توان در مقام تبیین به عنوان حاصل جمع و نتیجه اعمال هدف دار کنش‌گران اجتماعی دانست؛ یعنی با دانستن اینکه افراد چه خواسته‌هایی دارند و به چه ترجیحاتی در رفتارهای خود قایلند و چه باورها و اعتقادهایی دارند، می‌توان به تبیین رفتار آن‌ها پرداخت.

٤. ۲. عوامل مؤثر بر رفتار در نظریهٔ اختیار عاقلانه

ادبیّات گستردهٔ نظری و تجربی نشان می‌دهد که سه دستهٔ اصلی عوامل بر رفتار کنش‌گران در موقعیّت‌های دوراهی اجتماعی نظریه انتخاب عقلانی اثر می‌گذارند:

الف) عوامل شخصیّتی: عقلانیت ابزاری : بدون وجود حداقلی از تعهد و اعتماد اجتماعی، بالا بودن سطح عقلانیّت، رفتارهای همیارانه را موجب نخواهد شد.

ب) عوامل موقعیّتی: عوامل موقعیّتی به آن دسته از عوامل باز می‌گردد که در خود موقعیّت دوراهی اجتماعی و ساختار آن اثر می‌گذارد. این عوامل عبارتند از: اعتماد به همکاری دیگران، اثربخشی عمل جمعی، نفع جمعی درازمدت، پاداش عمل جمع‌گرایانه و تنبیه عمل فردگرایانه، شرایط رقابتی یا همیارانهٔ موقعیّت، ارتباطات با دیگر کنش‌گران، آگاهی از دوراهی اجتماعی، پیامدهای رفتار غیرهمیارانه در آن و ساختار پاداش و تنبیه.

ج) فضای کنش: این عوامل عبارتند از: هنجارهای حاکم بر کنش، نوع روابط حاکم بر کنش، موقعیّت‌های کنش، و ترجیحات رفتاری (هاشمی و جوادی یگانه، ۱۳۸٤، ص. ۱۵۲)

۵. یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که در مبانی نظری نیز بیان شد، در پژوهش حاضر در راستای بررسی پارامترها و عوامل مؤثر بر رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ از الگوریتم C4.5 درخت تصمیم استفاده شده است.

به منظور آشنایی بیشتر با متغیرهای به کار گرفته شده در الگوی مورد بررسی، در این قسمت ابتدا در (جدول ۳) به توصیف این متغیرها پرداخته شده است.

جدول۳- توصیف متغیرهای مورد استفاده در الگوریتم C4.5 درخت تصمیم

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۰

متغیر	شرح
تفکیک زباله از مبدأ	اصلاً و بسیار کم=۱ متوسط و زیاد=۲
تحصیلات	عدم برخورداری از تحصیلات دانشگاهی=۱ دارای تحصیلات دانشگاهی=۲
وضعیّت شغلی مادر خانواده	خانه‌دار=۱ سایر=۰
بُعد خانوار	کمتر از چهار نفر=۱ بیشتر از ٤ نفر=۲
آگاهی از مزایای طرح تفکیک زباله از مبدأ	خیر=۰ بلی=۱
رضایت از نحوهٔ اجرای طرح تفکیک زباله از مبدأ	عدم رضایت=۰ رضایت=۱
ارزیابی از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زباله تفکیک‌شده	مناسب=۱؛ پایین=۰

براساس اطّلاعات (جدول ۳)، در این مطالعه متغیرهای اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ، متغیرهای تحصیلات، وضعیّت شغلی مادر خانواده، بُعد خانوار، آگاهی از مزایای طرح تفکیک زباله از مبدأ، آگاهی از امکانات و نحوهٔ دریافت زبالهٔ خشک، آگاهی از زمان حضور خودروی بازیافت در محلّه، اعتقاد به تأثیر اطّلاع‌رسانی در خصوص نحوهٔ اجرای طرح، رضایت از نحوهٔ اجرای طرح تفکیک زباله از مبدأ و ارزیابی از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زبالهٔ تفکیک‌شده، در نظر گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است که بهره‌گیری از آزمون ارتباط دوتایی اسپیرمن[1] حاکی از عدم وجود رابطه میان رفتار مشارکت شهروندان با طرح تفکیک زباله از مبدأ و متغیرهای سطح درآمد خانوار و نوع مالکیت منزل مسکونی (که در ابتدای بررسی به عنوان متغیرهای اقتصادی – اجتماعی مؤثر بر این رفتار در نظر گرفته شده بودند)، است.[2]

نتایج الگوریتم C4.5 درخت تصمیم: همان‌گونه که پیشتر نیز تبیین شد، پژوهش حاضر به منظور بررسی و تحلیل رفتار شهروندان مشهدی در همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ، از درخت تصمیم که یکی از مناسب‌ترین تکنیک‌های داده‌کاوی است و الگوریتم C4.5 به عنوان یکی از دقیق‌ترین الگوریتم‌های درخت تصمیم استفاده کرده است.

1. spearman

۲. لازم به یادآوری است، که در اینجا این ارتباط به صورت دو به دو بین متغیرها بررسی شده است، ممکن است طراحی الگوهای پیچیده‌تر که این رابطه را به صورت ترکیبی و چندگانه نشان می‌دهند، نتایج متفاوتی را ارایه کند.

پیش از تحلیل الگوریتم درخت تصمیم نمودار ۱، لازم است دقّت طبقه‌بندی انجام شده با استفاده از معیارهای مختلف بررسی نیکویی درخت برازش‌شده، بررسی شود. براساس اطّلاعات (جدول ٤)، می‌توان گفت درخت برازش شده در نمودار ۱، از دقّت طبقه‌بندی بالایی برخوردار است و این درخت توانسته است حدود ۸۸ درصد شهروندانی که اقدام به تفکیک زباله از مبدأ می‌کنند و ۸۷/۵ درصد شهروندانی که تفکیک زباله از مبدأ را انجام نمی‌دهند و در مجموع در حدود ۸۷ درصد کلّ شهروندان را به درستی طبقه‌بندی کند.

جدول ٤- طبقه‌بندی عمومی شهروندان براساس رفتار مشارکت آن‌ها در طرح تفکیک زباله از مبدأ با بهره‌گیری از الگوریتم C4.5

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۰

خریداران	تعداد مشاهدات	نتایج طبقه‌بندی الگوریتم C4.5 درخت تصمیم: تفکیک زباله از مبدأ	نتایج طبقه‌بندی الگوریتم C4.5 درخت تصمیم: عدم تفکیک زباله از مبدأ
تفکیک زباله از مبدأ	۱۰٦	۹۳	۱۳
		٪۸۷/۷٤	٪۱۲/۲٦
عدم تفکیک زباله از مبدأ	٤۰	۵	۳۵
		٪۱۲/۵۰	٪۸۷/۵۰
درصد مشاهدات طبقه‌بندی شده صحیح از کل	۸۷/٦۷۳		
آمارهٔ کاپا[1]	۰/۷۰۹		

آماره‌های دقّت بر حسب طبقه	TP rate	FP rate	Precision	Recall	Balanced F-score
(گروه ۱)	۰/۷۲۹	۰/۰۵۱	۰/۸۷۵	۰/۷۲۹	۰/۷۹۵
(گروه ۲)	۰/۹٤۹	۰/۲۷۱	۰/۸۷۷	۰/۹٤۹	۰/۹۱۲
مجموع	۰/۸۷۷	۰/۱۹۹	۰/۸۷۷	۰/۸۷۷	۰/۸۷٤

براساس درخت تصمیم ارایه‌شده در نمودار ۱، مهم‌ترین متغیر اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر رفتار شهروندان در تفکیک زباله از مبدأ، متغیر رضایت از نحوهٔ اجرای طرح تفکیک زباله از مبدأ است و پس از این متغیر، وضعیّت شغلی مادر خانواده در درجهٔ دوم تأثیرگذاری بر این

1. Kappa Statistic

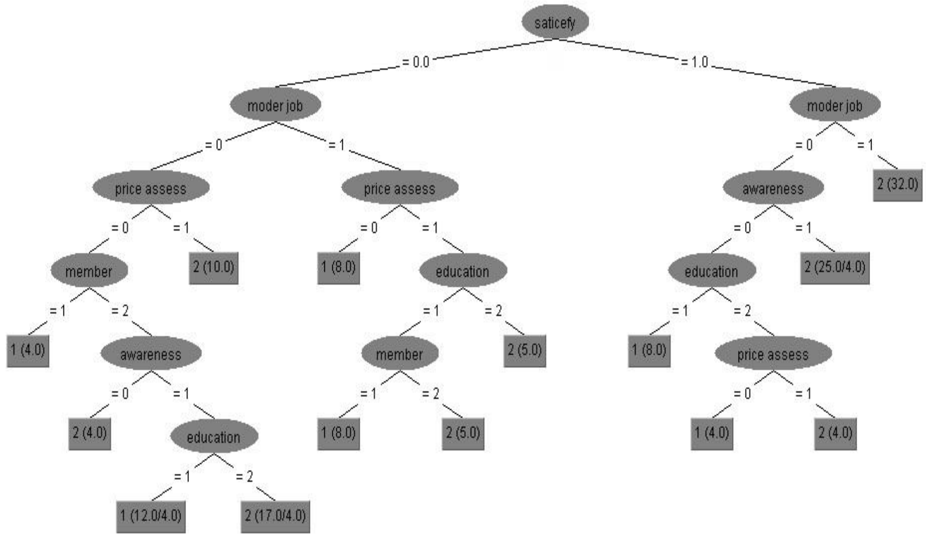
گروه از شهروندان است. براساس اطّلاعات این درخت، ارزیابی از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زباله تفکیک‌شده، آگاهی از مزایای طرح تفکیک زباله از مبدأ، تحصیلات و بّعد خانوار، متغیرهای دیگری هستند که می‌توانند در درجات بعدی در تعیین رفتار مشارکت شهروندان با طرح تفکیک زباله از مبدأ نقش ایفا کنند.

در درخت تصمیم با الگوریتم C4.5 اعداد اوّل هر گره‌برگ،[۱] نشان‌دهندهٔ رفتار شهروند در تفکیک زباله از مبدأ است که عدد ۱ نشان‌دهندهٔ عدم تفکیک زباله از مبدأ و عدد ۲ بیانگر تفکیک زباله از مبدأ است. در هر گره‌برگ در درون پرانتز عدد اوّل نشان‌دهندهٔ تعداد داده موجود در نمونه ارایه‌شده با ویژگی‌های مشخّص‌شده و عدد دوم حاکی از تعداد خطا در طبقه‌بندی گروه شهروندان با ویژگی‌های مطروحه است.

براساس طبقه‌بندی انجام‌شده بر اساس الگوریتم C4.5 درخت تصمیم که نتایج آن در (شکل ۱) ارایه شده است، شهروندانی که از نحوهٔ اجرای طرح تفکیک زباله از مبدأ رضایت دارند و مادر خانواده خانه‌دار است، با طرح تفکیک زباله از مبدأ همکاری می‌کنند. این در حالی است که چنانچه در این خانوارها مادر خانواده خانه‌دار نباشد، همکاری ایشان با این طرح منوط به آگاهی و شناخت مزایای طرح مذکور است. این خانوارها چنانچه از مزایای این طرح نیز مطّلع نباشند، همکاری یا عدم همکاری آن‌ها با این طرح منوط به وضعیّت تحصیلات و ارزیابی آن‌ها از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زباله تفکیک‌شده است. به‌گونه‌ای که برخورداری از تحصیلات دانشگاهی به همراه ارزیابی مناسب از نحوهٔ ارزش‌گذاری، منجر به همکاری شهروندان با طرح تفکیک زباله از مبدأ خواهد شد. این موارد بیانگر اهمیّت شایان توجّه عملکرد اجرایی مناسب طرح، اطّلاع‌رسانی مزایای طرح به عموم جامعه و لزوم توجّه به معیارهای اقتصادی در ارزش‌گذاری زباله‌های تفکیک شده از سوی مسؤولان طرح است.

---

۱. هر درخت دارای دو نوع گره است: گره‌های داخلی و گره‌های برگ. هر گره داخلی یا غیر برگ با یک ویژگی مشخص می‌شود به طوری که این ویژگی سؤالی را در رابطه با مثال ورودی مطرح می‌کند و به تعداد جواب‌های ممکن با این سؤال، شاخه وجود خواهد داشت که هر یک با مقدار آن جواب مشخص می‌شوند. گره‌های برگ در درخت نیز با یک کلاس و یا یک گروه از جواب‌ها مشخص می‌شوند.



شکل ۱- الگوریتم C4.5 رفتار شهروندان در زمینهٔ تفکیک زباله از مبدأ

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۰

علاوه بر این، اطّلاعات شکل(۱) بیانگر این است که شهروندانی که از نحوهٔ اجرای طرح رضایت ندارند و همچنین نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زباله تفکیک شده را مناسب نمی‌دانند، حتّی اگر مادر خانواده نیز خانه‌دار باشد، با این طرح همکاری نمی‌کنند، امّا چنانچه این شهروندان ارزیابی مناسبی از ارزش زباله تفکیک‌شده داشته باشند و در عین حال دارای تحصیلات دانشگاهی نیز باشند، با طرح تفکیک زباله از مبدأ همکاری خواهند کرد. اطّلاعات این بخش از نمودار همچنین حاکی از اهمیّت قابل ملاحظهٔ سطح تحصیلات در جلب مشارکت شهروندان در این طرح است.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر که با هدف بررسی رفتار شهروندان شهر مشهد در همکاری با طرح تفکیک زباله از مبدأ و شناسایی عوامل مؤثر بر این رفتار شهروندان انجام شده است، نشان‌دهندهٔ این است که در موفّقیّت طرح مذکور دو گروه از متغیرها نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. گروه اوّل

متغیرهایی هستند که تحت کنترل مستقیم مسؤولان، تصمیم‌گیران و مجریان این طرح است که از آن جمله می‌توان به متغیرهای رضایت شهروندان از نحوهٔ اجرای طرح تفکیک زباله از مبدأ، اطّلاع‌رسانی در خصوص مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی طرح و همچنین تعیین معیارهای مناسب برای ارزش‌گذاری زبالهٔ تفکیک‌شده توسّط شهروندان اشاره کرد. گروه دوم نیز دربرگیرنده متغیرهایی است که به طور مستقیم قابلیت کنترل و تأثیرگذاری توسّط متولیان این طرح را ندارد و باید سیاست‌هایی متناسب با هر گروه از شهروندانی که دارای ویژگی خاصّی هستند، اعمال کرد. متغیرهای وضعیّت شغلی مادر خانواده، سطح تحصیلات و تعداد اعضای خانوار از جملهٔ این متغیرها هستند؛ بنابراین با توجّه به موارد مذکور، سیاست‌ها و راهبردهای پیشنهادی نیز با در نظر گرفتن این دو گروه متغیرها مطرح می‌شوند.

با توجّه به اینکه یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رفتار شهروندان، رضایت ایشان از نحوهٔ اجرای طرح است، ضروری است که متولیان و مجریان این طرح اهتمام ویژه‌ای به اجرای هر چه بهتر طرح در سطح شهر داشته باشند، تا از این طریق بتوانند مشارکت بیشتری را از سوی شهروندان جلب کنند. علاوه بر این با توجّه به اینکه یکی دیگر از متغیرهای مهم مؤثر بر رفتار مشارکت شهروندان، ارزیابی آن‌ها از نحوهٔ ارزش‌گذاری طرح از زباله تفکیک شده است، لازم است مسؤولان این امر نحوهٔ ارزش‌گذاری را به‌گونه‌ای انجام دهند که در عین حفظ مزایای اقتصادی طرح، برای شهروندان نیز آوردهٔ اقتصادی ملموس حداقلی را ایجاد کند تا از یک طرف آن‌ها را ترغیب به تفکیک زباله کند و از طرف دیگر در رقابت با سایر دوره‌گردان، همکاری بیشتر شهروندان را با این طرح به‌دنبال داشته باشد. یافته‌های این پژوهش همچنین حاکی از این است که آگاهی شهروندان از مزایای این طرح مشارکت بیشتر آن‌ها را در پی خواهد داشت؛ بنابراین لازم است متولیان این امر با همکاری سایر نهادهای مرتبط آموزشی و ترویجی نسبت به تبیین آثار مثبت زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی اجرای این طرح اقدام کنند و همچنین تبعات زیان‌بار عدم تفکیک زباله از مبدأ را نیز بیان کنند.

یافته‌های پژوهش حاضر همچنین حاکی از لزوم در نظر گرفتن آموزش‌های خاص به‌ویژه برای افرادی است که تحصیلات دانشگاهی ندارند که باید از طرق مختلف همچون خانه‌های

فرهنگ محلّه و سایر اقدامات فرهنگی و آموزشی که شهرداری با همکاری سایر نهادهای ذی‌ربط انجام می‌دهد، صورت پذیرد. همچنین با توجّه به اینکه زنان شاغل کمتر با این طرح همکاری دارند، لازم است برنامه‌های ویژهٔ اجرایی برای زنان شاغل به منظور جلب مشارکت ایشان در این طرح در نظر گرفته شود.

آشکار است که مسؤولان و متولیان این امر می‌توانند با اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌هایی از این دست (که بایستی برمبنای یافته‌های علمی و پژوهشی باشد)، با کمترین هزینهٔ ممکن، بیشترین منافع را در زمینهٔ توسعه شهری به‌دست آورند و از این طریق سطح رضایت و رفاه بیشتری را برای شهروندان ایجاد کنند.

کتاب‌نامه

۱. پاپلی یزدی، م؛ وثوقی، ف. (۱۳۸۳). ساماندهی صنایع بازیافت مواد زاید جامد در شهر مشهد، لزوم ایجاد شهرک بازیافت. *جغرافیا و توسعه*، ۲ (۳) ، ۱٦٦–۱٤٧.

۲. صادق‌الحسینی، م؛ رنجبر، م. (۱۳۸۹). شنبه ۲۱ فروردین، شمارهٔ ۲۰٤۹، انتظارات عقلایی، *روزنامهٔ دنیای اقتصاد*، نقل در توماس، سارجنت. دایره‌المعارف اقتصاد. بازیابی از www.donya-e-eqtesad.com.

۳. قدیری اصلی، ب. (۱۳۷٦)، سیر اندیشهٔ اقتصاد. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

٤. کاظمی خیبری، خ. (۱۳۸٦). تفکیک زباله از مبدأ و مکانیزاسیون سیستم‌های جمع‌آوری مواد قابل بازیافت با نگرشی برالگوی مدیریتی و اجرایی در شهر مشهد. *مجموعه مقالات سومین همایش ملّی مدیریت پسماند*، (صص.۳۸–۳۰). تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، سازمان حفاظت محیط زیست.

۵. هاشمی، س. ض؛ جوادی یگانه، م. (۱۳۸٤). تعارض نفع فردی و نفع جمعی (دو راهی اجتماعی) و عوامل مؤثر بر آن. *فصل‌نامهٔ علوم اجتماعی*، ۲٦ (۲٦)، ۱۷٤–۱٤۱.

٦. سرور، ر. (۱۳۹۱). ارزیابی تأثیر اجتماعی پروژهٔ تفکیک زباله از مبدأ در مناطق شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۲۱ شهرداری تهران). *فصل‌نامهٔ جغرافیا*، ۱۰(۳۳)، ٦۹–٤۹.

۷. سیمای شهر مشهد. (۱۳۸۸). معاونت برنامه‌ریزی و توسعهٔ شهرداری مشهد، سازمان فناوری اطّلاعات و ارتباطات. بازیابی در ۱۳۹٤، از https://amar.mashhad.ir.

۸. سال‌نامهٔ آماری استان خراسان رضوی (۱۳۸٦). استانداری استان خراسان رضوی، معاونت آمار و اطّلاعات. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

9. Austin, J., Hatfield, D., Grindle, A., & Bailey, J. (1993). Increasing recycling in office environments: The effects of specific informative cues. *Journal of Environmental Systems, 6*, 355-368.
10. Corporation, T. C. (1999). *Introduction to data mining and knowledge discovery* (2nd ed.). *Michigan State University*. Two Crows Corp.
11. Daniel, T., & Larose, J. (2005). *Discovery knowledge in data: An introduction To data mining* (2nd ed.). New Jersey: Wiley.
12. Fitzgerald, R. W., & Lees, B. G. (1994). Assessing the classification accuracy of multisource remote sensing data. *Remote Sensing of the Environment, South-Eastern USA, 47*, 362-368.
13. Gamba, R., & Oskamp, S. (1994). Factors influencing community residents' participation in commingled curbside recycling programs. *Environment and Behavior*, *26*, 587-612.
14. Geetha, S., Ishwarya, N., & Kamaraj, N. (2010). Evolving decision tree rule based system for audio stego anomalies detection based on Hausdorff distance statistics. *Information Sciences, 180*, 2540-2559.
15. Han, J., & Kamber, M. (2006). *Data mining: Concepts and techniques* (2nd ed.). Burlington: Morgan Kaufman.
16. Hand, D. J. (1998). Review of data mining. *The American Statistician*, *52*, 112-118.
17. Hashemi, S. Z., & Javadi Yeganeh, M. (2005). The conflict between individual interest and collective interest (social choice) and its influencing factors. *Social Sciences Journal*, *26*(26), 141-174. (in Persian)
18. Kantardzic, M. (2003). *Data mining: Concepts, models, methods, and algorithms* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley.
19. Kusiak, A., & Smith, M. (2007). Data mining in design of products and production systems. *Annual Reviews in Control*, *31*, 147- 156.
20. Lansana, F. (1992). Distinguishing potential recyclers from non-recyclers: A basis for developing recycling strategies. *Journal of Environmental Education*, *23*, 16-23.
21. Marban, O., & Menasalvas, E. (2008). A cost model to estimate the effort of data mining projects (DMCoMo). *Information System*, *33*(1), 59-74.
22. Margai, F. (1997). Analyzing changes in waste reduction behavior in a low-income urban community following a public outreach program. *Environment and Behavior*, *29*, 769-792.
23. Nyamwange, M. (1996). Public perception of strategies for increasing participation in recycling programs. *The Journal of Environmental Education*, *27*, 19-22.

24. Outlook of Mashhad. (2009). *Mashhad municipality department of planning and development, the information and communication technology* . Retrieved from https://amar.mashhad.ir (in Persian)
25. Owens, J., Dickerson, S., & Macintosh, D. (2000). Demographic covariates of residential recycling efficiency. *Environment and Behavior*, *32*, 637-650.
26. Papoly Yazdi, M., & Vosughi, F. (2004). Solid waste recycling industry organization in Mashhad and the need to create a recycle zone. *Geography and Development*, *2*(3), 147-166. (in Persian)
27. Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning, 1,* 81-106.
28. Quinlan, J. R. (1996). Improved use of continuous attributes in C4.5. *Journal of Artificial Research, 4,* 77-90.
29. Sarvar, R. (2012). Social impact assessment of the project of waste separation from source in urban areas (Case study: District 21 of Tehran municipality). *Journal of Geography, 10*(33), 49-69. (in Persian)
30. Scott, D. (1999). Equal opportunity, unequal results. *Environment and Behavior, 31*, 267-290.
31. Department of Statistics and Information. (2007). *Statistical yearbook of Khorasan Razavi.* Mashhad: Astan Qods Razavi. (in Persian)
32. Sugumaran, V., & Ramachandran, K. I. (2007). Automatic rule learning using decision tree for fuzzy classifier in fault diagnosis of roller bearing. *Mechanical Systems and Signal Processing, 21,* 2237-2247.
33. Sugumaran, V., Sabareesh, G. R., & Ramachandran, K. I. (2008). Fault diagnostics of roller bearing using kernel based neighborhood score multi-class support vector machine. *Expert Systems with Applications, 34*, 3090-3098.
34. Thogersen, J. (1994). A model of recycling behavior with evidence from Danish source separation programs. *International Journal of Research in Marketing, 11*,145-163.
35. Valle, P., Reis, E., Menezes, J., & Rebelo, E. (2004). Behavioral determinants of household recycling participation: The Portuguese case. *Environment and Behavior, 36*, 505-540.
36. Vivian, T. (2006). Evaluations of existing waste recycling methods: A Hong Kong study, *41*, 1649-1660.
37. Werner, C., & Makela, E. (1998). Motivations and behaviors that support recycling. *Journal of Environmental Psychology, 18,* 373-386.